



TITLE:

京都大学大学院工学研究科技術部 報告集 第17集

AUTHOR(S):

CITATION:

京都大学大学院工学研究科技術部報告集 第17集. 京都大学大学院工学
研究科技術部報告集 2020, 17: 1-42

ISSUE DATE:

2020-06

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/251459>

RIGHT:

京都大学大学院工学研究科

技 術 部 報 告 集

(第 17 集)



令和 2 年 6 月

目 次

1. 工学研究科技術部 組織	
1.1 沿革	2
1.2 組織図	3
2. 工学研究科技術部 研修	
2.1 令和元年度工学研究科技術部研修「ものづくり工房常駐者向け講習会」 (2019. 7. 23)	5
2.2 2019 年度新規採用技術職員研修 (2019. 8. 8)	6
2.3 企画研修 技術者の育成と技術者倫理 (2020. 2. 28)	7
2.4 個人研修	8
3. 技術発表	
3.1 2019 年度 分子科学研究所 機器・分析技術研究会 (2019. 8. 29-30)	11
ポスター発表	
非導電性無機材料粉末試料の SEM 観察	12
地球建築系グループ 平野 裕一	
イオンビームを用いた元素分析と装置維持管理	13
物理系グループ 佐々木 善孝	
技術室長 内藤 正裕	
3.2 技術研究会 2020 千葉大学 (2020. 3. 5-6)	14
発表	
計画停電に伴って生じたヘリウム液化設備の一連のトラブルと復旧作業 ～制御用 PC の破損と相次ぐ冷却水制御センサー等の故障～	15
共通支援グループ 西崎 修司	
共通支援グループ 多田 康平	
液体窒素を用いた酸素の液化と簡易実験	20
共通支援グループ 多田 康平	
3.3 実験・実習技術研究会 2020 鹿児島大学 (2020. 3. 18-19)	25
発表	
コンクリート用鋼製型枠の可変式仕切板の設計製作	26
地球建築系グループ 平野 裕一	
機械製作実習における課題	27
機械工作系グループ 佐藤 佑樹	
技術室長 山路 伊和夫	
技術室長 佐藤 祐司	
機械工作系グループ 波多野 直也	
機械工作系グループ 玉木 良尚	
機械工作系グループ 石川 航佑	

学生による実験関連の事故・ヒヤリハットに関する傾向分析の試み	28
物理系グループ	日名田 良一
大学オープンキャンパス模擬実験を指向した「ルミノール反応」の 実験方法の改良.....	29
化学電気系グループ	中池 由美
化学電気系グループ	丸岡 恵理
平成 29 年度 第 1 専門技術群（工作・運転系）技術職員研修 （京都における「ものづくり」に関わる工場見学研修）の実施報告	30
共通支援グループ	西崎 修司
共通支援グループ	多田 康平
4. 桂ものづくり工房	
4.1 技術部提供サービス宣伝物	32
4.2 桂ものづくり工房使用実績	36
4.3 機械運転技術講習	37
5. 会議記録	
5.1 会議記録	39
編集後記	41

1

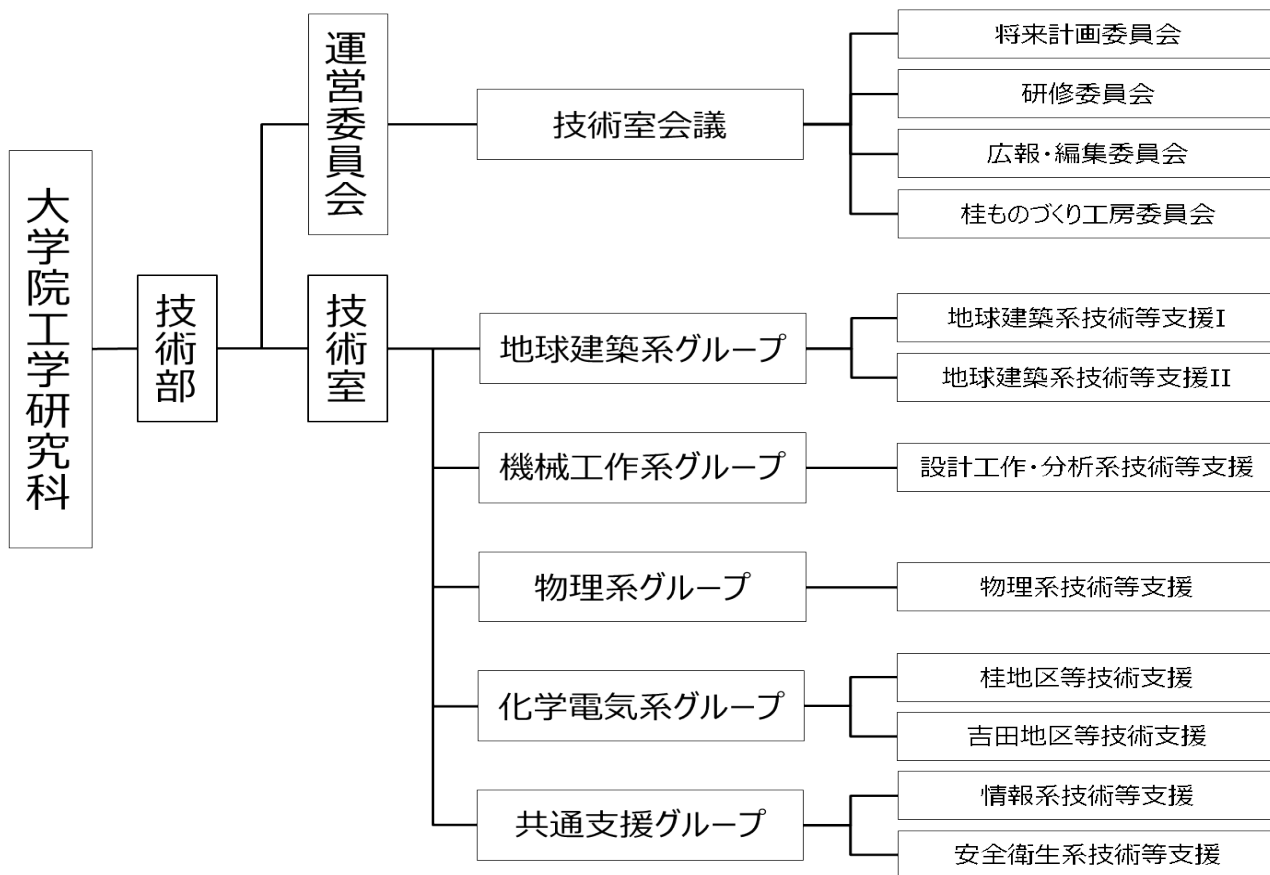
工学研究科技術部
組織

1.1 沿革

工学研究科技術部 沿革

昭和 63年 12月	工学部技術職員研修 開始
平成 5年 9月	工学部・環境保全センター技術部 研修実行委員会発足
平成 9年 11月	工学部・環境保全センター技術部 編集委員会発足
平成 11年 5月	工学部・環境保全センター技術部 広報委員会発足
平成 11年 5月	工学部・環境保全センター技術部 技術職員連絡委員会発足
平成 15年 10月	工学研究科桂キャンパス開学
平成 16年 4月	国立大学法人京都大学へ移行
平成 17年 11月	工学部技術職員研修実行委員会で 「工学部技術職員問題第1回W・G設置」検討
平成 18年 1月	工学部技術職員問題第1回W・G開催
平成 18年 8月	工学研究科技術職員シンポジウム開催
平成 19年 4月	工学研究科技術部 発足，5つの技術室設置 (総合建設，設計・工作，分析・解析，情報，環境・安全・衛生)
平成 19年 4月	工学研究科技術部第1回運営委員会開催
平成 20年 5月	工学研究科技術部だより（技術部報No.1）発刊
平成 20年 11月	桂ものづくり工房 開設
平成 21年 4月	技術部主催新規採用者受け入れ研修実施 工学研究科平成21年度支出予算配当書に技術部予算が明記
平成 22年 2月	技術相談サービス開始
平成 23年 4月	分析・解析技術室を分析・物質科学技術室に名称変更
平成 23年 5月	物品貸出しサービス開始
平成 27年 10月	工学研究科技術部 改組，5つのグループ設置 (地球建築系，機械工作系，物理系，化学電気系，共通支援)

1.2 組織図



2

工学研究科技術部
研修

2.1 令和元年度工学研究科技術部研修「ものづくり工房常駐者向け講習会」

開催日

令和元年 7 月 23 日（火） 10:30～15:00

場所

桂 B クラスター 桂ものづくり工房

目的

本研修は、ものづくり工房常駐業務を行うにあたり、工房利用者に対して事故が起こらないように安全に作業が出来る指導を行う技術を習得することを主たる目的とする。またその他常駐業務として、工作機械のメンテナンス方法や貸出し工具の確認方法、整理整頓などの常駐ルールについても併せて学ぶ。

2.2 2019 年度新規採用技術職員研修

開催日

令和元年 8 月 8 日（木） 13:00～17:00

場所

桂キャンパス C クラスター C3 棟講義室 4a

目的

本研修は、講義により、総合技術部及び工学研究科技術部の沿革ならびに組織について、およびその活動目的を学び、大学における技術職員の役割について理解することを目的とする。また、施設見学を行い、他のグループに所属する技術職員の職務内容について学ぶ。

2.3 令和元年度工学研究科技術部企画研修「技術者の育成と技術者倫理」

開催日

令和2年2月28日（金） 14時～17時

場所

京都大学桂キャンパス B クラスター 事務管理棟 3 階桂ラウンジ

目的

科学技術は高度化、統合化という状況にあり、技術者に求められる資質能力はますます高度化、多様化している。技術者は業務の履行において、その立場や内容は技術ごとの専門性により様々であるが、高等の専門的応用能力を持ち、複合的な問題を解決できることが期待される。

文部科学省の認定する技術者に関する国家資格として「技術士」というものがあり、技術士には資質として技術者は専門的学識と技術者倫理を兼ね備えることが求められている。業務遂行の上で公衆の安全、環境の保全等、社会の持続可能性を確保するよう務めるという倫理観は我々技術職員も賛同できるものであると考える。

技術職員が高度な専門性と倫理観を持つ技術者となり、また育成するためにどのような方法で継続的な自己研鑽及び指導ができるか議論するべく本研修会を開催する。

2.4 個人研修

2019 年 7 月

17 日(水) 令和元年度 京都大学コーチング研修 (1 名)

2019 年 8 月

29 日(木)～30 日(金) 2019 年度 分子科学研究所 機器・分析技術研究会 (3 名)

29 日(木)～31 日(土) 日本機械学会関西支部設計製図教育懇話会 夏休み 세미나 2019 (1 名)

2019 年 9 月

19 日(木)～20 日(金) 令和元年度近畿地区国立大学法人等教室系技術職員研修 (2 名)

26 日(木) 京都大学技術職員研修 (第 3 専門技術群：物質・材料系) (6 名)

27 日(火)～10 月 27 日(日) 若手人材海外派遣事業ジョン万プログラム (職員派遣) による海外派遣事業「台湾成功大学における、教育プログラムの見学」(1 名)

2019 年 10 月

2 日(水) BRUKER ユーザーズミーティング (1 名)

3 日(木)～4 日(金) 第 10 回表面科学ベーシックセミナー (1 名)

4 日(金) 治具設計ベーシックセミナー (1 名)

5 日(土) 第 46 回技術士全国大会 (四国・徳島) (1 名)

8 日(火) 令和元年度 京都大学プレゼンテーション研修 (1 名)

24 日(木) 京都大学技術職員研修 (第 1 専門技術群：工作・運転系) (2 名)

30 日(水) 京都大学技術職員研修 (第 6 専門技術群：情報系) (1 名)

2019 年 11 月

2 日(水) 京都大学技術士会 第 7 回記念大会・特別講演会 (1 名)

8 日(金)～9 日(土) 第 25 回西日本技術士研究・業績発表年次大会 (2 名)

11 日(月)～12 日(火) 京都大学技術職員研修 (第 44 回) (6 名)

15 日(金) JEOL RESONANCE ユーザーズミーティング (1 名)

2019 年 12 月

5 日(木)～6 日(金) 第 365 回講習会「機械加工技術の基礎理論と最新動向」(1 名)

2020 年 1 月

8 日(水) 京都大学技術職員研修 (第 2 専門技術群：システム・計測系) (3 名)

14 日(水) 京都大学防災研究所技術室研修 (2 名)

15 日(木) 京都高度技術研究所 先端技術活用セミナー「最新映像技術の現状と未来～xR 技術が社会を変える～」(1 名)

19 日(水) Thermo Fisher Scientific 試測定 (1 名)

2020 年 2 月

10 日(月) 第 18 回京都大学物性科学センター講演会・研究交流会 (1 名)

19 日(水) 第 4 回京都生体質量分析研究会シンポジウム (1 名)

20 日(木) 京都大学技術職員研修 (第 1 専門技術群：工作・運転系) (4 名)

3

技術発表

3.1 2019 年度 分子科学研究所 機器・分析技術研究会

ポスター発表

題 目：非導電性無機材料粉末試料の SEM 観察

所属・氏名：地球建築系グループ 平野 裕一

題 目：イオンビームを用いた元素分析と装置維持管理

所属・氏名：物理系グループ 佐々木 善孝

技術室長 内藤 正裕

非導電性無機材料粉末試料の SEM 観察

平野 裕一

京都大学大学院工学研究科技術部

hirano.yuichi.6u@kyoto-u.ac.jp

Keywords: 非導電性、粉末試料、SEM、金蒸着

1. はじめに

筆者の担当する研究室では建設材料としてコンクリート材料を扱っている。高炉スラグやフライアッシュを材料として用いたコンクリートは JIS 規格化され実用化されているが、明らかにされていない性質の解明や新たな建設材料の検討のため、各方面で研究が進められている。今回、そのような研究の実施に先立ち、高炉スラグとフライアッシュの SEM 観察および SEM-EDX による分析を実施した。本稿では、SEM 観察の際に、金蒸着の有無の違いを検討した事項を報告する。

2. SEM 観察

SEM-EDX による分析の際に、試料に金蒸着が施されていると、軽元素の特性 X 線が表面の金に吸収されることや微量元素のピークが埋もれてしまう可能性が考えられる。炭素蒸着ではこうした影響が少ないとする資料¹⁾もあるが、担当する実験室はスパッタによる金蒸着装置のみを保有している。そこで、金蒸着の有無に関し、まずは、SEM 観察画像の違いを検討した。

試料は、粉末状の高炉スラグとフライアッシュを用いた。これらは非導電性材料である。試料台にカーボンテープを貼り付け、粉末試料を上から押さえつけ、接着しない試料は叩き落とした。試料の一部に金蒸着を施した。蒸着は、低真空環境下で金をスパッタさせ試料に付着させる装置を用いた。

観察結果の例としてフライアッシュの SEM 写真を図 1 に示す。いずれも、加速電圧 2 kV、倍率は 2 400 倍程度である。加速電圧は非導電性材料であることを踏まえ低めに調整した。2 400 倍程度の比較的低い倍率では、蒸着の有無によって像の滑らかさや鮮明さはほとんど変わりがなく観察できることを確認した。

3. おわりに

低倍率での SEM 観察においては、蒸着の有無による違いはほとんどないと考えられる。しかし、金蒸着を施していない場合では加速電圧を高くできず、SEM-EDX による分析が十分にできない可能性もある。以後、SEM-EDX による分析結果の、金蒸着の有無の違いも検討していく。

参考文献

- 1) [https://www.bruker.com/fileadmin/user_upload/8-PDF-Docs/X-ray Diffraction_ElementalAnalysis/Microanalysis_EBSD/Webinars/Bruker_Japanese_Webinar_2014-11-25_EDS_Feature_Analysis.pdf](https://www.bruker.com/fileadmin/user_upload/8-PDF-Docs/X-ray_Diffraction_ElementalAnalysis/Microanalysis_EBSD/Webinars/Bruker_Japanese_Webinar_2014-11-25_EDS_Feature_Analysis.pdf)
(2019.6.21 閲覧)

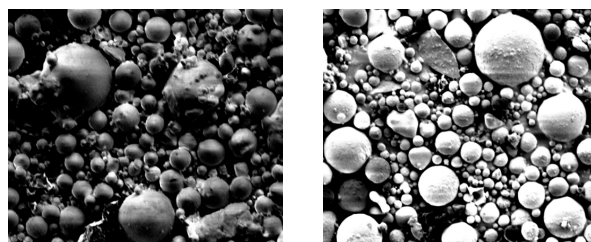


図 1. フライアッシュ SEM 写真の例
(×2 400) (左 : 蒸着なし、右 : 蒸着あり)

※本稿は「2019年度 分子科学研究所 機器・分析技術研究会 報告集」に掲載されたものです。

イオンビームを用いた元素分析と装置維持管理

○佐々木 善孝^{1,2},内藤 正裕^{1,2}

¹ 京都大学工学研究科技術部,² 京都大学工学研究科原子核工学専攻
sasaki.yoshitaka.8r@kyoto-u.ac.jp

Keywords: 加速器,定期メンテナンス,元素分析,RBS,ERDA,PIXE

1. はじめに

京都大学工学研究科附属量子理工学教育センターには 4 台の加速器が共同利用施設として設置されており,イオンビームを用いた様々な元素分析(RBS : Rutherford Backscattering Spectrometry , ERDA : Elastic Recoil Detection Analysis , PIXE : Particle Induced X-ray Emission , NRA : Nuclear Reaction Analysis)が行われている.本研究会では,加速器の維持管理及び私が関わった分析について述べる.

2. 加速器仕様

図 1 にマイクロイオンビーム解析実験装置(米国 NEC 製,型式:6SDH-2)の写真を示す.マイクロイオンビーム解析実験装置は, 2 つのイオン源 (高周波荷電変換型イオン源,セシウムスパッタ型イオン源) と加速部 (バンデグラーフ型ペレトロンタンデム加速器),複数のビームラインで構成されている.ビームラインのうち 1 つが分析用のラインであり,分析チャンバーには 5 軸駆動ターゲットホルダーと 4 つの半導体検出器から構成されている.



図 1.マイクロイオンビーム解析実験装置

3. 元素分析

名古屋産業研究所の森田先生の実験でマイクロイオンビーム解析実験装置を用いて固体 Li 電池充放電時の Li イオンの濃度分布を測定した.図 2 に示すように,試料表面に対し入射角 15° で O ビームを入射し,前方の反跳角 $\phi = 30^\circ$ に反跳される粒子($6\mu\text{m}$, Al 膜フィルターで散乱 O イオンを遮断)と散乱角 $\theta = 165^\circ$ に後方散乱される O イオンを 2 個の SSD 検出器を用い, RBS と ERDA の同時測定を行った¹⁾.図 3 に結果を示す¹⁾.

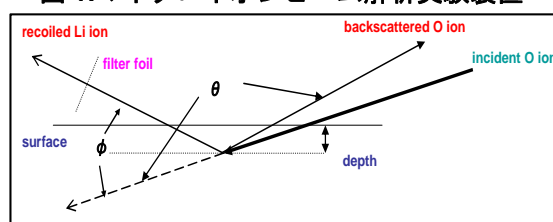


図 2. RBS および ERD 測定における反跳角および散乱角の関係¹⁾

他にも,PIXE による元素分析依頼,学生実験,啓蒙活動を行っている.

4. メンテナンス

定期メンテナンスでは,タンク内・イオン源の汚れの清掃,不具合箇所修理及び改良を行っている. 今年度メンテナンス時にペレットチェーンの伸びがみられたので,ペレットを 1 つ取り外す作業を行った.

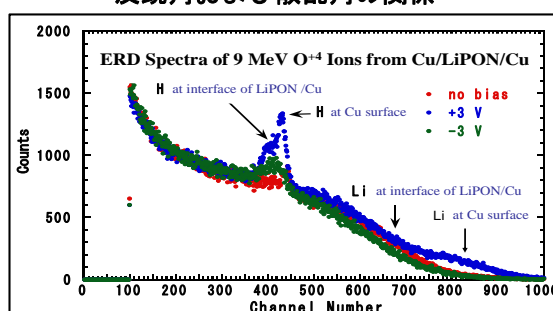


図 3. 0V と±3V 印加下の Cu/LiPON/Cu キャパシタからの ERD スペクトル¹⁾

参考文献

- 1) 重イオン加速器を用いた固体リチウムイオン電池の研究, 名産研 2015 年度年報・巻頭論文, 2015.

3.2 技術研究会 2020 千葉大学

発表

題 目：計画停電に伴って生じたヘリウム液化設備の一連のトラブルと復旧作業
～制御用 PC の破損と相次ぐ冷却水制御センサー等の故障～

所属・氏名：共通支援グループ 西崎 修司
共通支援グループ 多田 康平

題 目：液体窒素を用いた酸素の液化と簡易実験

所属・氏名：共通支援グループ 多田 康平

計画停電に伴って生じたヘリウム液化設備の一連のトラブルと復旧作業 ～制御用 PC の破損と相次ぐ冷却水制御センサー等の故障～

○西崎 修司、 多田 康平
京都大学 大学院工学研究科 技術部

1. はじめに

2018 年 12 月 23 日（日）に京都大学桂キャンパスにて実施された、自家用電気工作物定期点検に伴う計画停電の際、復電作業時のミスにより、ヘリウム液化機制御用 PC に高電圧負荷がかかり、PC が破損して起動できなくなった。制御用 PC の修理の間、PC からではなく、液化機操作盤の直接操作によって液化機を制御する方法で対処したが、冷却水の設定の確認が不十分であったため、冷却水の流量センサーが破損するなど被害が拡大した。発表では、これらのトラブルの経過と復旧作業について報告する。

2. 計画停電における PC 破損と被害拡大の経過

今回のトラブルの経過を表 1 にまとめる。

京都大学では、1 年に 1 回、自家用電気工作物定期点検の実施のために、計画停電をおこなっている。例年、桂キャンパスでは、10 月上旬頃の日曜日の午前 8 時頃から午後 5 時頃までの間、この作業のために停電する。回収圧縮機などのヘリウム回収設備が使用できない停電中のヘリウム損失を防ぐため、計画停電実施日は、午前 6 時頃から設備の停電作業、昼にガスバッグにたまったヘリウムガスをバイパスで送る作業、停電終了ののち午後 8 時頃まで復電作業を実施している。普段の 10 月上旬頃の計画停電では、午後 5 時頃でもまだ日が高く気温も高いため、明るく暖かい部屋の中で計画停電の終了を待つことができる。

2018 年度の桂キャンパスの計画停電は、当初 9 月 30 日（日）に予定されていたが、台風 24 号の接近により 12 月 23 日（日）に延期された。年末のこの時期になると、夕方には、暗く寒い部屋の中で停電終了を待つこととなった。あらかじめ停電時間内であっても定期点検が終了次第送電を始めるという通知があったこともあり、午後 4 時頃に部屋の電灯およびコンセントにつながるブレーカーを繋いでしまった。「計画停電終了予定時刻の午後 5 時まであと 1 時間ほどであり、点検もすでに終わっているだろう。終わっていなくてもあまり影響はないだろう。」という甘い考えがあったし、「送電すれば部屋の明かりが

表 1. 計画停電以降のトラブルと復旧の経過

年 月 日	出 来 事
2018 年 9 月 30 日	桂キャンパスの計画停電が、台風 24 号の接近により 12 月 23 日に延期された。
2018 年 12 月 23 日	計画停電後、復電時のミスにより、液化機制御用 PC が 2 台とも破損した。
2019 年 1 月 8 日	操作盤の直接操作による液化運転を試みた。冷却水ポンプが稼働せず緊急停止した。 冷却塔水ポンプのみ手動で起動し再度液化運転を試みた。冷却水温度異常で緊急停止し、流量センサーが破損した。液化機の起動条件を満たすことができず、液化不能に陥った。
2019 年 1 月 10 日	業者殿が来桂し、速やかな復旧を相談した。流量センサーの配線短絡により、液化機起動条件を仮想的にクリアして、液化可能となった。 ただし、安全装置（冷却水流量センサーおよびタービン温度センサー）なしでの危険な液化運転であった。
2019 年 1 月 15 日	タービン温度センサーのコネクタ部の交換作業を実施した。しかし、タービン温度異常は復旧しなかった。
2019 年 2 月～3 月	Windows XP 搭載中古 PC および関連ソフトウェアをネットストアから調達し、業者殿へ送付した。液化機制御等に必要なソフトウェアのインストールを実施した。
2019 年 3 月 19 日	タービン温度センサー・冷却水流量センサー・液化機制御用 PC2 台の交換作業を実施し、これらのトラブルから復旧した。

点くことで定期点検の終了がすぐに判るだろう。」という考えもあったためである。ところが実際には、我々の設備に関係する箇所の定期点検がブレーカー

の接続後に実施され、平常時よりも高電圧が印加されたため、コンセントからプラグを抜いていなかったヘリウム液化機制御用 PC が 2 台（主機・予備機）ともに破損し、送電後も PC を起動できなくなった。

別に用意した PC ヘデータ等に移すことで復旧を試みたものの、OS（Windows XP、この当時すでにサポートが終了していた。）の認証・制御用プログラムのライセンス認証・データ取得といった困難のために、学内では完全に復旧することはできなかった。また、年末年始ということもあり、業者殿に修理を依頼しても通常より時間がかかることが予想されたため、PC の修理ができるまでの当面の間、操作盤（Linde, OP270）の直接操作により液化機を制御することとした。年末に至急、業者殿に操作盤による液化機制御マニュアルの作成を依頼し、このマニュアルに基づいて、年明けの 2019 年 1 月 8 日（火）にヘリウム液化運転を試みた。マニュアルには冷却水ポンプの運転や制御についての記載がなかったため、冷却水を手動では運転せず、いつも通り自動の設定のままで液化運転を実施した。しかし、冷却水のポンプ類は操作盤に連動していなかったため、液化運転開始後 1 時間ほどで冷却水エラーが発生し、液化用圧縮機がトリップした。2 回目は冷却塔の水ポンプのみ手動で運転して液化運転を試みた。タービンの起動まではおこなうことができたが、急いては事を仕損じるで、冷却塔の散水ポンプを運転していなかったため、冷却水の温度が 80℃ 以上となり、温度異常のエラーで液化機が停止した。その後、冷却水のポンプ類をすべて手動で運転した状態で液化を試みたが、数時間待ってみても液化機の起動条件を満たさず、液化運転をおこなうことはできなかった。高温の冷却水が流れた影響で冷却水の流量センサー（EGE-Elektronik, SC 440/5-A4-GSP）が破損したため、十分な量の冷却水が流れていても流量不足と認識されるのだろうと考えられた（図 1）。

3. 復旧作業

2019 年 1 月 10 日（木）に業者殿に桂キャンパスに来て頂き、早急な液化設備の復旧を相談した。業者殿からは、「冷却水の流量センサーの交換はすぐにはできない。流量センサーに接続する配線を電氣的に短絡させれば、模擬信号によって液化機起動に対する流量センサーの条件を仮想的にクリアでき、液化機を起動させることはできる。ただしその場合でも液化機に何らかの異常が生じた場合に自動で停止させる安全装置は必要であるから、冷却水の流量を確認できないならば、タービンの温度を確認する温



図 1. 破損した冷却水流量センサー。フロントパネルの流量表示は冷却水の流量不足を示している。

度センサーは正常に機能していなければならない。」との回答であった。ところが、件のタービンの温度センサーは、数年前から異常な値を示していた。温度センサーに異常が見られ始めた段階で業者殿に修理の相談もしていたが、単なる異常値の表示だけでは液化機が止まることもなく、慌てて修理する必要もないという業者殿の回答であったため、そのままこの問題を先送りしていたのだった。今回、業者殿としては、冷却水流量センサーとタービン温度センサーの両方の安全装置が機能しない状態で液化運転をおこなった場合、大きなトラブルが発生する可能性があり、また、トラブルが発生しても自動停止できないため、液化運転を実施しても設備の保証ができない、との判断だった。我々は、タービンの外装を手で触って異常な高温になっていないことを逐次確認しながらであればトラブルが発生してもある程度対処が可能であるという判断のもと、トラブルが発生してもその責任は京都大学側が持つという条件で、液化運転を実施することとした。タービン外装を触って温度を確認するなど、液化機の経過観察をこまめに行いながら、結果的にはトラブルの発生もなく液化運転をおこなうことができた。

液化運転はとりあえず可能となったが、平常のヘリウム液化業務に戻るために、タービンの温度センサー・冷却水の流量センサー・2 台の液化機制御用 PC の修理を進め、設備の完全復旧を目指した。

タービンの温度センサーは、ヘリウム液化機の安全装置のひとつとして不可欠であり、早急な修理が必要であるため、まず、この部分を優先して業者殿に修理の依頼をした。「温度センサーの異常は、温度センサー本体の故障のほかに、コネクタ部の接触不



図 2. タービン温度センサーのコネクタ。



図 3. タービン温度センサー本体。



図 4. 冷却水の流量センサー本体。

良の可能性も考えられる。センサー本体をタービン部分から取り外すのは手間がかかるため、すぐに作業可能なコネクタ部の交換を推奨する。」というのが業者殿の回答であった。安全装置がない状態での液化運転を続けることは避けなければならないので、業者殿に依頼し、2019 年 1 月 15 日（火）に、ター

ビン温度センサーのコネクタ部（LEMO, FFA.1S.304. CLAC62）（図 2）の交換作業を実施した。費用は約 30 万円であった。しかしながら、コネクタ部の交換をしても温度の異常表示は変わらず、危険な状況での液化運転を避けることはできなかった。その後、業者殿より「温度センサーは簡単に取り外せるので、温度センサーを交換することにより、修理可能である。」との、以前に受けたものとは趣旨の異なる連絡があった。業者殿に対する不信感を覚えることにはなったが、コネクタ部を交換しても温度表示が正常でない問題を解決するために、さらに約 15 万円の費用（後述する流量センサーと同時作業のため、現地作業、エンジニアリング費が減額された。）をかけて、温度センサー本体（R. Flach Elektronik, Pt 100 mit Kabel）（図 3）の交換を 2019 年 3 月 19 日（火）に依頼、実施した。

冷却水の流量センサーも液化機の安全装置として重要なので、業者殿に依頼し、流量センサー本体（図 4）の交換も 2019 年 3 月 19 日（火）に実施した。費用は約 45 万円であった。結果、流量確認が可能となったため、模擬信号のためのセンサーの配線の短絡を外して、従来どおり冷却水の流量も液化機の起動条件に戻すことができた。

液化機制御用 PC2 台は、液化設備の運転・停止操作のみならず、液化機に関する日常データ・液化作業中の詳細データの保存と確認に有効であるため、速やかな復旧を目指した。これらの PC の OS は Windows XP であり、この当時すでにサポートが終了していた OS であったため、業者殿の方で PC を準備することができないとの回答であった。そこで、Windows XP を搭載した中古 PC2 台とそれらに対応する Microsoft Office ソフト 2 個を、合計約 3 万 5 千円でネットストアから購入した。それらの物品を業者殿に送付して、液化機制御等に必要なプログラムのインストールと設定を依頼した。費用は約 45 万円であった。その後、桂キャンパスでの作業を 2019 年 3 月 19 日（火）におこない、PC の問題も解決した。

4. 今後の対策

振り返ってみれば今回の一連のトラブルは、計画停電の際に、自己判断で通電前にブレーカーを繋いでしまったために、コンセントから切り離していなかった 2 台の PC に高電圧負荷がかかり、PC が破損したことに端を発している。今後の計画停電では、PC のプラグを確実にコンセントから抜くことにより、何らかのミスがあっても PC に被害が及ばないようにしなければならない。なお、その次の 2019 年

10月6日（日）に実施された計画停電の際には、コンセントからプラグを抜いていたにも関わらず、復電時に液体窒素汲出装置用 PC が起動しなくなるトラブルが発生した。この PC は電源ユニットが故障しているものと判断され、このユニットを交換することで復旧した。また、この 2019 年の計画停電後には液化用圧縮機が起動できないという事象も起きた。しかしこれは圧縮機の故障ではなく、自家用電気工作物定期点検の後にキャンパス内で 440 V の主電源を復帰し忘れていたのが原因であった。このように計画停電では、注意していても思いがけず様々なトラブルが発生する可能性があるため、故障した部品を速やかに交換できるように予備の部品をストックしておくなど、機械・設備に応じて対策を講じることが重要である。

また、今回報告したトラブルでは、操作盤の直接操作という普段とは異なる方法で液化運転を試みたことで、冷却水の確認が不十分な状況となり、トラブルの拡大を招いてしまった。このような非日常的な運転をおこなう場合でも、落ち着いて機械類の動作状況を確認し、より安全な方法を選択できるよう努めなければならない。そのためには、どの作業の時にどの機械がどのように稼働しているか、どの機械とどの機械が連動しているのか、といったことにも日常から留意しておかなければならないと考えている。

さらに、日常的なメンテナンスの重要性も痛感した。普段はタービンの温度表示が異常であってもそれほど問題にならなかったため、修理を先延ばしにしていた。しかし、他の安全装置がはたらかない今回のトラブルでは、この温度異常が大きな問題となり、危うく液化運転すらおこなえないところまで状況が悪化した。時間的に余裕のある平常時にこの温度異常表示の原因を特定することができていれば、結果的に無駄だったコネクタ部の交換をせずに、最短経路で復旧を行えた可能性もあるだろう。今後、日常的なメンテナンスに努め、非常時でも立ち往生しなくて済むよう態勢を整えていきたい。

我々の日常的な業務だけでは対応できない問題もある。今回のトラブルの要因の一つとして、制御プログラムが OS に依存していることも挙げられる。桂キャンパスではいまだに、制御プログラムは Windows XP を搭載した PC でしか運用できない。今回のように古い OS を搭載した PC が破損した場合、制御プログラムに適合する OS を搭載した中古 PC を調達するというやや煩雑なプロセスが必要となる。

現在のところ我々は、この古い OS を搭載した PC を何台かストックすることで対応している。最近では、特定の OS に依存しない制御プログラムも開発・普及が進んでいるようである。そのような制御プログラムへ一旦更新することができればこの問題は半永久的に解決するものと予想されるが、業者側からは数百万円規模の費用がかかると伺っており、初期費用の高額さゆえ簡単な話ではない。今後、ヘリウム液化設備の増設・更新の機会があれば、その仕様書に、制御プログラムが特定の OS に依存しないこと、あるいは、特定の OS のサポート終了後に無償で新しい OS に対応できること、を加えることにより、この問題の解決が図れるのではないかと考えている。

5. 危機管理論

今回の一連のトラブルについて、危機管理論の観点から再度考えてみたい。危機に対する管理は、「危機が発生する前に損失などの回避や低減を図る行為」であるリスクマネジメント (Risk management) と「危機が発生したあとの対処」であるクライシスマネジメント (Crisis management) とに大別できる。

リスクマネジメントは、事業・業務にどのようなリスク要因があるかを発見・特定することから始まる。重大なリスクは低頻度であっても問題であるし、さほど重大でないリスクでも頻発すれば問題となるように、リスクの重要度はそのリスクの「頻度（発生確率）」と「影響度」の 2 軸で評価される。特定されたリスクをこの 2 軸で評価し、リスク対応の優先順位をつける。その後、優先順位の高いものから対策を施す。いちど対策を施した後も、対策のモニタリングや残留リスクの評価を続けていく。もちろんこれらのプロセスは、緊急事態が発生していない日常時に実施しなければならない。また、人間の想定できる範囲は限られているので、「想定外」も発生して、リスクマネジメントだけでは全てのリスクに対処しきれないことも予想しておくべきだろう。

今回の一連のトラブルにおいて、液化機制御用 PC の破損とタービン温度センサーの問題に関してはリスクマネジメントの観点から論じることができよう。液化機制御用 PC が一旦破損すれば液化機の監視・制御に大きな影響が出ることは明らかであるが、積極的に電源を切ったりするのは年 1 回の計画停電時のみなので、発生頻度は小さい。発生頻度の小ささゆえに、この PC 破損のリスクの重要度を小さいものと誤って評価していたのが問題であったといえる。タービンの温度センサーについては、数年前から温度の異常表示が続いていたので発生頻度は非常に大

きいが、平常時の影響はほぼなかった。そのため、このリスクに対する我々の重要度（優先順位）は小さかった（低かった）。しかし、他の安全装置がはたらない場合には、温度センサーの影響度が大きくなり、リスクの重要度も急激に高まった。つまり、我々は平常時のリスクの重要度しか考えていなかったことが問題であった。すでに何らかのトラブルが生じている非常時に特定されたリスクの重要度がどのように変化するか、というところまで検討しておくべきだったのではないかと考えている。

上述したとおり、リスクマネジメントだけでは全てのリスクに対処することはできないため、危機的事態が起きた場合のクライシスマネジメントも大変重要である。リスク発生から完全復旧まで、クライシスマネジメントは「初期対応」、「緊急復旧」、「定常復旧」の3つの段階に分けられると考えられる。交通事故を例に挙げるならば、「初期対応」は安全な場所へ負傷者を移動させ、救急車を呼び、胸部圧迫や人工呼吸を施すこと、「緊急復旧」は止血や外科的手術、「定常復旧」はその後の入院・通院治療に相当する。当たり前のことだが、一度起きた危機をなかったことにはできないし、「初期対応」「緊急復旧」を誤れば、「定常復旧」を経て完全復旧するまでの期間が長くなったり、最悪復旧できなくなったりする。重要なことは、「初期対応」「緊急復旧」の段階で、短時間で状況を的確に把握し、おこなうべき作業を適切に判断し、確実に実行することである。今回のトラブルでは、PC破損後、我々の最重要ミッションであるヘリウムの液化・供給を途絶えさせないために、操作盤を直接操作することでの液化運転を検討し、操作盤のマニュアルの作成を業者殿に依頼した（「初期対応」に対応する。）ところまでは良かった。しかし、液化運転時に冷却水のポンプ類の操作を誤った（「緊急復旧」に対応する。）ことが、被害を拡大させ、完全復旧に長期間を要することになった要因であると考えている。

6. まとめ

計画停電の際の液化機制御用PCの破損から始まった一連のトラブルの経過と復旧作業について報告した。今回の一連のトラブルから、日常的なメンテナンス、非常時に被害を拡大させないための冷静で柔軟な対応、今後の液化設備の保全と更新を検討することの重要性を再認識した。また、今回のトラブルを危機管理の観点から考察した。

謝辞

今回のトラブルに関して適切な助言および有効なサポートをして頂いた、京都大学環境安全保健機構低温物質管理部門の先生方およびスタッフの方々に心より感謝いたします。年末から発生したトラブルに対して年度末までお忙しい時期にも関わらず対応をして頂いた、大陽日酸株式会社のご担当者様にも感謝いたします。

液体窒素を用いた酸素の液化と簡易実験

多田 康平^{A, B}

京都大学 大学院工学研究科 附属桂インテックセンター^A

京都大学 環境安全保健機構 低温物質管理部門^B

1. はじめに

酸素分子 (O_2) は空気中に 21%程度含まれており、その意味では日常的にありふれた物質のひとつと言える。その一方で、非金属の二原子分子には珍しく磁性をもち、また、液体や固体では肉眼で判るほどの青色を呈するため、分子科学的・分子光学的に興味深い物質でもある。酸素の大気圧沸点 (90 K) は窒素のそれ (77 K) より高いため、液体窒素を用いれば容易に空気中の酸素を液化できる。

今回、すでに報告されている方法を参考にして、液体窒素を用いて空気中の酸素を液化する簡単な装置を製作したので紹介する。この装置は、液体窒素および液体酸素についてのデモンストレーションのみならず、簡単な学生実験にも利用できると考えたので、これらの応用例についても併せて検討する。

2. 簡単な酸素液化装置の製作

熱伝導率の良い金属で作られた容器に液体窒素を溜めておくことで、容器外表面に空気中の成分を凝縮させて液体酸素を得ることができる^{1,3)}。そのため、このような金属容器を「簡単な酸素液化装置」とみなすことができる^{2,3)}。酸素の供給源として高圧ガスボンベではなく空気を利用すれば、ボンベやレギュレータは必要なくなり、これらの購入・返却・管理・運搬といった煩雑さや危険から解放されるという利点がある。前田ら¹⁾の報告した装置は飲料用のアルミ缶を使用するため製作が非常に容易であるという利点がある一方で、容器の材質・形状・容積が使用する缶で制限されてしまう。他方、吉本^{2,3)}の紹介した装置は、銅板を扇形に切断し、はんだ付けにより円錐形としたもので、容器の形状・容積をある程度自由に変えられることと、容器表面に凝縮した液体を滴下させやすいことが特長である。筆者らは、凝縮した液体を滴下させやすい利点のために、後者の装置を参考に、以下に述べる方法で簡易酸素液化装置を製作することとした。まず、厚さ 0.3 mm の銅板から金切りバサミで半径 180 mm の円盤を切り出した。次に、ろ紙を折る要領で、この円盤を四つ折りにし、開くことで円錐容器を作ることができた

(図 1)。この円錐の内容積は約 1.3 L である。液体窒素の密度 (0.8 kg L^{-1}) から、最大で約 1.0 kg の液体窒素をこの円錐容器に入れられることになる。

四つ折りにする際、円錐の頂点となる箇所の曲率が非常に大きくなるため、この箇所が破損して穴が開いたりすることのないよう注意して作業する必要がある。製作後には、水を張るなどして (特に頂点近傍に) 破損がないか確認するのがよい。この作業の間は金属板の切り口で手指を切る恐れがあるため、切創防止手袋を身に付けるべきである。また、製作した後も切り口をテープ等で養生するなどして怪我の防止に努めるべきである。

ろ紙を折るように金属円盤を折って円錐形とする方法は、金属同士を接合するはんだ付けや溶接などの作業を必要としないため、そのような器具や技術を備えていない機関や作業者であっても可能であると考えられる。また、この方法であれば、はんだ付けの難しい金属 (例えばアルミニウム) であっても円錐を製作することができると考えられる。ただし、用いようとする金属の靱性に注意すべきであろう。材料に銅を選ぶ利点は、その熱伝導率の高さであろう。液体窒素温度 (77 K) での銅の熱伝導率は $550 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ で、アルミニウムの熱伝導率 ($390 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$) の 1.4 倍である (文献⁴⁾ の図 1 から筆者が読み取った値とその値にもとづく計算値)。他方、材料にアルミニウムを選ぶ利点としては、重量の軽さと価格の安さが挙げられるだろう。なお、銅もアルミニウムも体感的にはほとんど磁性を示さないため、次節で述べる、液体酸素の磁性を確認する実験をおこなうことができる。

3. 酸素の呈色と磁性を確認する実験

自作した酸素液化装置 (金属容器) に液体窒素を溜めておくと、しだいに外表面が液体で濡れ、その液体が円錐の頂点から滴り落ちる様子を観察することができる (図 2)。この時点では、酸素だけでなく複数の空気中の成分が凝縮しているため、必ずしもこの液体は青色に見えるわけではない。しかし、火のついた線香を液化装置の外表面に近づけると火が



図 1. 製作した銅の円錐容器。



図 2. 空気中の酸素などが凝縮し、円錐容器の先端から滴り落ちる様子。

大きくなることを観察できることから、この液体には可燃性のある物質が含まれていることが確認でき、確かに酸素も凝縮していることが分かる。

液化装置から滴り落ちる液体を別の容器に溜めると、その色を観察することができる。溜める容器としては、断熱性が比較的高く、穴あけ等の加工もしやすいことから、発泡スチロールが適当である³⁾。発泡スチロールの色は白色を選ぶと、液体の色を確認しやすい。カッターナイフで発泡スチロールのブロックに 30 mL 程度の容積の穴を開けておき、円錐容器の下に配置する (図 3)。円錐容器の上限近くま

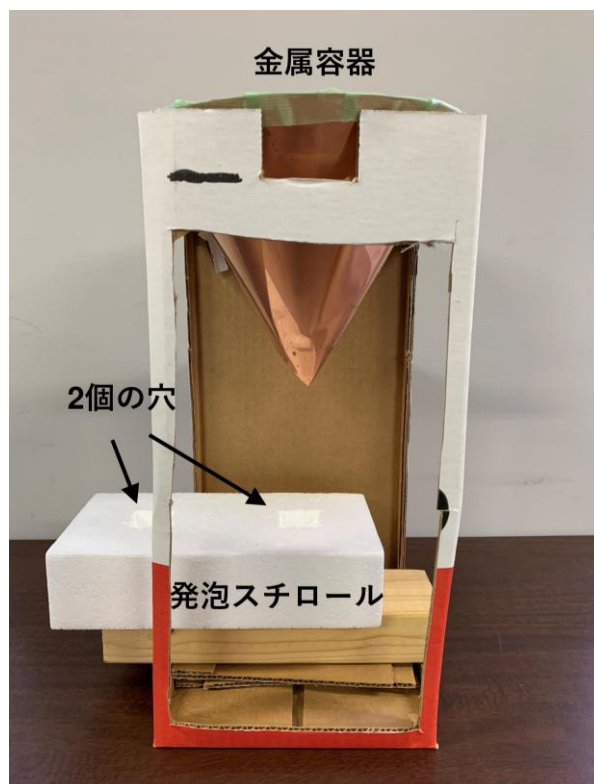


図 3. 実験配置。

で液体窒素を入れておくと、凝縮した液体を発泡スチロール容器内に数分で 10–20 mL ほど溜めることができる。発泡スチロール容器内に溜めた液体は、当初は、空気の複数の主要成分の混合物である。しかし、大気圧沸点で比較すると、酸素 (90 K) は窒素 (77 K) やアルゴン (87 K) よりも高いため、窒素やアルゴンが比較的早く気化し、次第に液体中の酸素の比率が高くなる⁵⁻⁷⁾。このようにして液体酸素が得られると、特有の淡い青色を観察することができる。液体窒素は無色なので、発泡スチロールに 2 個穴を開けておき、一方に液体酸素、他方に液体窒素を溜めると、両者の色の比較がしやすい。もしも水銀灯が利用できるならば、すでに紹介されているように³⁾、水銀灯の光の下では液体酸素の青色が増すことも観察できる。

すでに紹介されているように³⁾、液化装置から滴り落ちようとする (液体酸素を含む) 液体にネオジム磁石を近づけると、液体が磁石に引き寄せられる様子を観察できる。文献⁸⁾にもあるとおり、このとき、磁石をマイナスドライバーや Tong の先端にくっつけておくと磁石の取り扱いが容易となる。また、机の上にネオジム磁石を置いておき、その周囲に少量の液体酸素を撒くと、液体酸素の液滴が磁石に引き寄せられる様子を観察することもできる (図 4)。

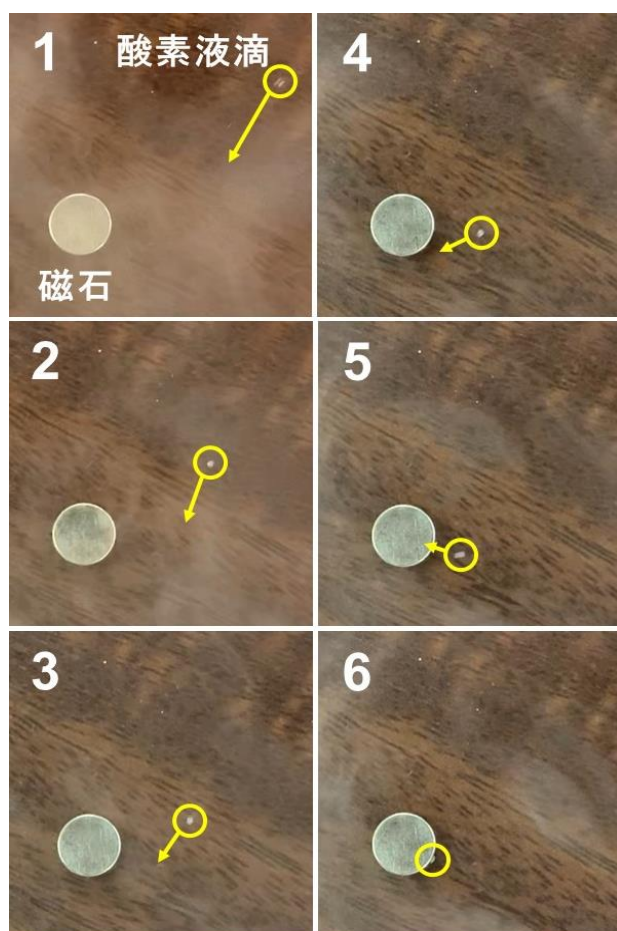


図 4. 酸素の液滴がネオジウム磁石に引き寄せられる様子のスナップショット。時間の進みは、左上の番号 1 から 6 の順である。矢印はその時点での液滴の進行方向を示す。

以上の方法で、自作した液化装置と市販の液体窒素を用いて液体酸素を得ることができ、その呈色と磁性を確認する実験をおこなうことができた。なお、液体酸素は凍傷や爆発といった危険性があるので、あらかじめ文献^{9,10)}を参照するなどして、その危険性を熟知した上で実験をおこなうことが望ましい。

4. 酸素の呈色と磁性の量子化学的説明

液体酸素が青色を呈することと磁性をもつことの説明は、いくつかの文献¹¹⁻¹³⁾に述べられているが、ここでも補足しながら簡単に説明する。

初等的な分子軌道法によれば、酸素分子の基底電子配置は、 $(1\sigma_g)^2(1\sigma_u)^2(2\sigma_g)^2(2\sigma_u)^2(3\sigma_g)^2(1\pi_u)^4(1\pi_g)^2$ となり、この電子配置から 3 個の電子状態 $^3\Sigma_g^-$ 、 $^1\Delta_g$ 、 $^1\Sigma_g^+$ が導かれる¹⁴⁾。スピン多重度が大きいほど安定で、同じスピン多重度の場合には軌道角運動量が多いほど安定だとする、いわゆる Hund の規則に従えば、

$^3\Sigma_g^-$ が電子基底状態 X 、 $^1\Delta_g$ が最もエネルギーの低い電子励起状態 a 、 $^1\Sigma_g^+$ が次にエネルギーの低い電子励起状態 b ということになる。(電子状態の命名法は、分子分光の慣習による。) 液体酸素では 90 K という低温のため、Boltzmann 分布を仮定すると、酸素分子は電子基底状態 $X\ ^3\Sigma_g^-$ にほとんど分布している。この電子基底状態は三重項状態であるため、ゼロでない電子スピンをもつ。このスピンの磁石のつくる不均一な外部磁場と相互作用しう。これが、液体酸素が磁性をもつことの原因である。

酸素分子は等核二原子分子なので、分子振動は分極の変化を伴わず、赤外不活性である。さらに倍音の振動励起も光吸収では起こらないため、分子振動が青色の呈色の理由とはならない。

次に、電子遷移に注目する。最も遷移エネルギーの小さな $a\ ^1\Delta_g \leftarrow X\ ^3\Sigma_g^-$ 遷移は、電子スピン・対称性・軌道角運動量の 3 重で禁制のため、気相での分光ではその強度は非常に小さい。また、この電子遷移の 0-0、1-0、2-0 バンドはそれぞれ 1270 nm、1060 nm、919 nm に存在する¹⁵⁻²⁰⁾。(ここに振動準位間遷移を $m \leftarrow n$ で表し、 m は上状態の振動量子数、 n は下状態の振動量子数を表す。) そもそも遷移強度が小さく、かつ近赤外領域にあるため、 $a \leftarrow X$ 遷移そのものでは青色の呈色の根拠とはならない。次に遷移エネルギーの小さな $b\ ^1\Sigma_g^+ \leftarrow X\ ^3\Sigma_g^-$ 遷移は近赤外～赤色の可視領域にあるものの^{15,19)}、電子スピンと対称性の 2 重で禁制であるため、肉眼で判るほど遷移強度は大きくない。また、 $a \leftarrow X$ および $b \leftarrow X$ 遷移以外の他の電子遷移は紫外領域か紫外より短波長側にあるため¹¹⁾、青色の呈色への寄与はない。したがって、1 光子で酸素分子 1 個の電子遷移を引き起こす、という単純な描像では青色の呈色を説明することはできない。

可視領域では酸素は主に 634 nm と 578 nm (赤～黄色の領域) に光吸収をもつ。これらの遷移エネルギーは、それぞれ、 $a \leftarrow X$ 遷移 0-0 バンド (1270 nm) の 2 倍、および、 $a \leftarrow X$ 遷移の 0-0 バンド (1270 nm) と 1-0 バンド (1060 nm) を合わせたものと一致する^{15, 21, 22)}。つまり、1 光子で 2 分子の $a \leftarrow X$ 遷移が生じていると考えれば、これらの吸収波長が説明できる。また、スピンの観点から見ても、1 光子による 2 分子の $a \leftarrow X$ 遷移は、遷移の禁制がゆるむため、比較的強度の大きな光吸収として観測されうる^{12, 13)}。気相での分光実験で可視領域の吸収強度が圧力や分子数密度の 2 乗に比例して変化すること^{22, 23)} や、分子間の平均距離が気相に比べて非常に短くなる液相

や固相で可視吸収が強く現れること^{23, 24)}も、複数(2個)の分子が1光子吸収に関与していることと辻褃が合う。以上のことから、赤～黄色の可視光を吸収して、1光子で2分子の $a \leftarrow X$ 遷移を同時に引き起こすことにより、液体酸素はその補色で青く見えるのだと結論されている。

水銀の原子スペクトル中には、 $6d\ ^3D_2 \rightarrow 6p\ ^1P_1$ 遷移に対応する 577 nm の発光と、 $6d\ ^1D_2 \rightarrow 6p\ ^1P_1$ 遷移に対応する 579 nm の発光がある²⁵⁻²⁷⁾。水銀原子のこれらの強い発光は酸素の 578 nm の吸収と重なっている。そのため、水銀灯の光の下では液体酸素の 578 nm の光吸収がより強く生じ、その補色の青色がより濃く見えることになる。

5. デモンストレーション・学生実験への応用

前節までに紹介した液体窒素を用いた酸素の液化および液体酸素の簡易実験は、適度にレベルを設定することで、小・中学生を対象としたデモンストレーションにも、量子化学・分子分光学の基礎を修得した化学系の学部生を対象とした(簡易な)学生実験にも使える教材となるのではないかと考えている。ここでは、筆者らが近隣の小学校の児童に対して実施したデモンストレーションした際の、児童の反応や筆者らが感じたことについて紹介する。また、学生実験としてこの実験を実施する場合、どのように実施するかについて検討する。

小・中学生を対象としたデモ実験の場合：液体窒素を円錐金属容器に注ぐと、液体窒素が急激に沸騰する。筆者らがデモンストレーションを行ったとき、思わず「お鍋でお湯が沸騰しているみたい。」と言った児童もいた。このように、熱い鍋の中で水が沸騰する、といった日常的に見る風景と対比させることで、液体窒素にとって室温は非常に高温であること(液体窒素が室温に対して非常に低温であること)を実感することができる。発泡スチロールに溜められた液体酸素も常に沸騰していることから、液体酸素も液体窒素同様、室温に比べて非常に低温であることを想像してもらうことができる。(酸素を含む)空気は無色だが液体酸素は青色に見えることや、酸素の液滴がネオジム磁石に引き寄せられることも、視覚的に分かりやすいこともあり、児童たちは不思議がりながらも興味深く観察していた。小・中学生にとって、前節で概説したこれらの現象の量子化学的背景を短時間で理解することは非常に困難と思われる。むしろ朝永の言葉²⁸⁾にもあるように、「不思議だ」と感じるのが自然科学の営みのきっかけともなりうるため、あえてこの液体酸素のデモンスト

レーションを「不思議」なままにしておき、彼らがこれから自然科学をもっと学んでみたいと思う原動力になればよいのではないかと考えている。

学部生を対象とした学生実験の場合：実験に時間的余裕があるならば、銅板から円錐容器を製作するところから始めてもよいと思われる。円錐容器が用意できたのち、以下の(1)–(4)の実験を実施する。(1) この容器に液体窒素を注ぐと表面が液体で濡れてくることを確認する。(2) 線香を用いて、この液体には可燃性をもつ成分が含まれていることを確認する。(3) 発泡スチロール容器にこの液体を溜める際、または、少量の液体を机上に撒いた際に、液体が磁石に引き寄せられることを確認する。(4) 発泡スチロール容器に溜めたこの液体が青色を呈することと、水銀灯のもとでは青色が濃く見えることを確認する。その液体の色をデジタルカメラやスマートフォン等で撮影しておく。

上記実験を踏まえて、前節で述べた酸素分子の量子化学的描像などを理解させるために、例えば、以下のような設問に答えさせる。前節までで説明した内容については、(答)の箇所は「省略」とした。

(問 1) 空気の主要成分を挙げ、空気中での比率、大気圧での沸点および融点を調べ、まとめよ。(答) 窒素 (78.1%、沸点 77 K、融点 63 K)、酸素 (20.9%、沸点 90 K、融点 54 K)、水蒸気 (0–4%、沸点 373 K、融点 273 K)、アルゴン (0.9%、沸点 87 K、融点 84 K)、二酸化炭素 (0.04%、昇華点 195 K)、ネオン (0.002%、沸点 27 K、融点 24 K)^{29, 30)}。

(問 2) 実験で最終的に得た液体は主に酸素である。その理由を、問 1 に対する自分の解答と線香を用いた実験とを踏まえて説明せよ。(答) 省略。

(問 3) 酸素分子の基底電子配置は $(1\sigma_g)^2(1\sigma_u)^2(2\sigma_g)^2(2\sigma_u)^2(3\sigma_g)^2(1\pi_u)^4(1\pi_g)^2$ で与えられる。この電子配置から得られる電子状態をすべて挙げよ。Hund の規則に照らし、得られた電子状態をエネルギーの低い順に並べよ。また、電子基底状態からそれぞれの電子励起状態への 1 光子遷移は電気双極子許容かどうか判断せよ。(答) 省略。

(問 4) 問 3 に対する自分の解答を踏まえて、液体酸素が磁石に引き寄せられる理由を説明せよ。(答) 省略。

(問 5) 実験中に撮影した液体酸素の色と波長の記載された色相環図(例えば文献³¹⁾の Fig. 1) とを見比べて、液体酸素の色は波長でいうと何 nm に対応すると思われるか。また、液体酸素はどの波長の可視光を強く吸収するか推定せよ。(答) 液体酸素の青

色：435–480 nm。強く吸収する波長：580–595 nm。
(これらの波長は、参照する文献や個々人の見え方などによって、数十 nm 程度のばらつきがあるものと思われる。)

(問6) 液体酸素の分光実験に関する文献^{11, 13, 21)}を参照し、液体酸素の呈色の理由を自分なりにまとめよ。また、問3、問5に対する自分の解答の妥当性を検討せよ。(答) 省略。

(問7) 水銀の原子スペクトルに関する文献²⁵⁻²⁷⁾を参照し、水銀灯の光のもとで液体酸素の色が増す理由を説明せよ。(答) 省略。

6. まとめ

既に報告されているものを参考にして製作した、はんだ付け等の設備・技術が十分でなくても、ろ紙を折る要領で製作できる、簡単な酸素液化装置を紹介した。この液化装置と市販の液体窒素とを用いることで、液体酸素の呈色と磁性についての簡易実験ができることを紹介した。また、簡易実験をデモンストレーションや学生実験等へ応用することについても検討した。

謝辞

酸素分子の電子遷移に関して議論をさせて頂いた、青山学院大学の柏原航助教に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 前田裕司、村本直己、中村格芳 広島国際学院大学研究報告 **40** (2007) 49-52.
- 2) 吉本佐紀 簡易酸素液化装置 千葉大学理学部極低温室ホームページ <http://physics.s.chiba-u.ac.jp/cryo2/oxygenliquefy.html> (最終閲覧日 2020 年 1 月 23 日)
- 3) 吉本佐紀 続・簡易酸素液化装置小型化改良 千葉大学理学部極低温室ホームページ <http://physics.s.chiba-u.ac.jp/cryo2/oxygenliquefy2.html> (最終閲覧日 2020 年 1 月 23 日)
- 4) 神本正行、金成克彦、高橋洋一 熱測定 **8** (1981) 115-122.
- 5) H. P. Cady *J. Chem. Edu.* **8** (1931) 1028.
- 6) C. W. Schultz *J. Chem. Edu.* **51** (1974) 751.
- 7) R. C. Blatchley, W. T. Nolan and T. J. Gish *J. Chem. Edu.* **74** (1997) 616-617.
- 8) J. Statler *J. Chem. Edu.* **95** (2018) 116-120.

- 9) C. S. McCamy *Ind. Eng. Chem.* **49** (1957) 81A-82A.
- 10) J. Mitschele *J. Chem. Edu.* **80** (2003) 486.
- 11) E. A. Ogryzlo *J. Chem. Edu.* **42** (1965) 647-648.
- 12) A. U. Khan and M. Kasha *J. Am. Chem. Soc.* **92** (1970) 3293-3300.
- 13) 下井守 化学と教育 **54** (2006) 282-285.
- 14) D. A. McQuarrie and J. D. Simon、千原秀昭・江口太郎・斎藤一弥訳『マッカーリサイモン物理化学—分子論的アプローチ<上>』東京化学同人 (1999).
- 15) J. W. Ellis and H. O. Kneser *Z. Phys.* **86** (1933) 583-591.
- 16) G. Herzberg *Nature* **133** (1934) 759.
- 17) L. Herzberg and G. Herzberg *Astrophys. J.* **105** (1947) 353-359.
- 18) G. Herzberg 分光研究 **30** (1981) 407-421.
- 19) S.-L. Cheah, Y.-P. Lee, and J. F. Ogilvie *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* **64** (2000) 467-482.
- 20) O. Leshchishina, S. Kassi, I. E. Gordon, L. S. Rothman, L. Wang, and A. Campargue *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* **111** (2010) 2236-2245.
- 21) F. Nyasulu, J. Macklin, and W. Cusworth *J. Chem. Edu.* **79** (2002) 356-359.
- 22) A. Ida, E. Furui, N. Akai, A. Kawai, and K. Shibuya *Chem. Phys. Lett.* **488** (2010) 130-134.
- 23) J. Janssen *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris* **101** (1885) 649-651.
- 24) A. Landau, E. J. Allin, and H. L. Welsh *Spectrochimica Acta* **18** (1962) 1-19.
- 25) C. J. Sansonetti, M. L. Salit, and J. Reader *Appl. Opt.* **35** (1996) 74-77.
- 26) J. Reader, C. J. Sansonetti, and J. M. Bridges *Appl. Opt.* **35** (1996) 78-83.
- 27) D. Veza, M. L. Salit, C. J. Sansonetti, and J. C. Travis *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **38** (2005) 3739-3753.
- 28) 「ふしぎだと思うこと/これが科学の芽です/よく観察してたしかめ/そして考えること/これが科学の茎です/そして最後になぞがとける/これが科学の花です」(朝永振一郎直筆の色紙、京都市青少年科学センター所蔵).
- 29) R. P. Wayne *Chemistry of atmospheres, third edition*; Oxford, 2000.
- 30) F. T. Mackenzie *Our changing planet: an introduction to earth system science and global environmental change, fourth edition*; Prentice-Hall, 2010.
- 31) 松岡賢 色材協会誌 **53** (1980) 724-739.

3.3 実験・実習技術研究会 2020 鹿児島大学

発表

題 目：コンクリート用鋼製型枠の可変式仕切板の設計製作

所属・氏名：地球建築系グループ 平野 裕一

題 目：機械製作実習における課題

所属・氏名：機械工作系グループ 佐藤 佑樹

技術室長 山路 伊和夫

技術室長 佐藤 祐司

機械工作系グループ 波多野 直也

機械工作系グループ 玉木 良尚

機械工作系グループ 石川 航佑

題 目：学生による実験関連の事故・ヒヤリハットに関する傾向分析の試み

所属・氏名：物理系グループ 日名田 良一

題 目：大学オープンキャンパス模擬実験を指向した「ルミノール反応」の
実験方法の改良

所属・氏名：化学電気系グループ 中池 由美

化学電気系グループ 丸岡 恵理

題 目：平成 29 年度 第 1 専門技術群（工作・運転系）技術職員研修

（京都における「ものづくり」に関わる工場見学研修）の実施報告

所属・氏名：共通支援グループ 西崎 修司

共通支援グループ 多田 康平

コンクリート用鋼製型枠の可変式仕切板の設計製作

平野 裕一

京都大学大学院工学研究科技術部

1.はじめに

コンクリート供試体の製作では、鉄筋と型枠を組み立て、必要な材料を練り混ぜた流動性のあるコンクリートをその中に流し込むという工程がある。コンクリートは、型枠さえあれば自由な形状を作り上げることができるという特徴があり、試験の目的に応じたコンクリート供試体を製作している。一方、その型枠は、主に鋼製または木製であり、製作には労力と時間を要し、外注するとしても少なくない費用を要する。そして、木製の型枠では、せいぜい数回の繰り返し使用が限界であるのに対し、鋼製では繰り返し使用の回数の縛りが無い代わりに、製作費用の桁が変わるほど高価になる。そのため、頻繁に用いる形状では鋼製で、特殊な形状では木製でというように使い分けをしている。それでも、費用面で、型枠製作に苦慮する場面が度々ある。あるいは、供試体の形状を、既存の型枠の形状に合わせて研究の方法を変更することも多々ある。本報告では、既存の型枠にない形状の供試体を用いた研究をするにあたり、供試体製作において検討し、設計製作した鋼製型枠の可変式仕切板の紹介をする。

2.設計製作した可変式仕切板

写真-1 のような鋼製型枠は、内側の寸法が $1640 \times 100 \times 200$ mm の型枠であり、2 体の供試体を同時に作製することができる。これは、梁載荷試験のための供試体作製に用いられるものである。例えば、中央の仕切板を外せば、2 体分が合わさった形状の供試体を作製することは可能であるが、それ以外の形状は、このままではできない。木板での仕切りも可能であるが、打設したコンクリートがはらみ出すことのないように、位置を固定するための仕組み、つまり、コンクリートがはらみ出す力に対抗する力を持たせることが必要となる。しかし、鋼製のため外からのビスの固定は容易ではない。

そこで、鋼製で仕切板を設計製作した（写真-2）。内側の寸法より 1 mm 小さい幅を持った厚さ 4.5 mm の鋼板を仕切板とする。固定方法は、上部に、元の型枠をまたぐように取り付け付けた山形鋼に仕切板を取り付け、飛び出した山形鋼と別に用意している鋼板で元の型枠の外周部分を挟むようにしてボルトとナットで締めつける。こうすることで、元の型枠を加工することなく、自由な位置に固定することができる。

写真-3、4 には、それぞれコンクリート打設前と後の様子を示す。写真-3 の型枠内部の両端に板が設置してあるのは、元の型枠の端部に開いている各種試験用の穴を塞ぐためである。両端の仕上がりを揃えるため、もう一方の端部にも板を設置している。

3.おわりに

設計製作した可変式仕切板は、複数の研究室における研究実験に用いられ、製作する供試体形状の自由度が上がった。また、繰り返しの使用が可能であり、実験経費削減および実験準備の省力化に寄与している。



写真-1 既存の鋼製型枠

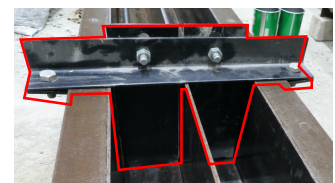


写真-2 可変式仕切板
（赤線で囲んだ部分）

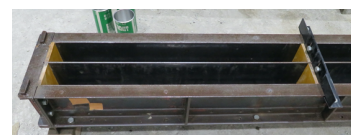


写真-3 コンクリート打設前

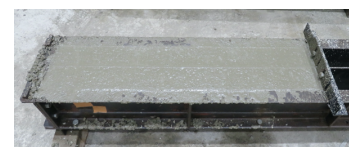


写真-4 コンクリート打設後

※本稿は「実験・実習技術研究会2020鹿児島大学 プログラム・報告集」に掲載されたものです。

機械製作実習における課題

○佐藤 佑樹, 山路 伊和夫, 佐藤 祐司, 波多野 直也, 玉木 良尚, 石川 航佑
京都大学 工学研究科 技術部

1.背景

我々の業務の一つに、機械製作実習がある。その実習では、学生が図1に示すスターリングエンジンの製作を行っており、工作機械の操作方法を学ぶことだけではなく、切削加工や設計及び熱機関に関する基礎を習得することを目的としている。スターリングエンジンとは、外燃機関の一つで外部からの熱によってシリンダー内の気体の圧力を変化させて、動力を得る仕組みのエンジンである。エンジンの製作において最も重要な一つに、ピストンとシリンダーのクリアランスが挙げられる。その箇所の製作に不具合があると、エンジンの回転数の低下や動作しない可能性がある。実習においては、統一した加工方法を実施しているにもかかわらず、図2に示すシリンダー内径の上部と下部で寸法差が生じる場合がみられる。この原因は複数あると考えられるが、手動操作の工程が要因の一つとして考えられる。この原因を探るため本稿では、工作物の把持力と送り速度に着目し、実験を行った。

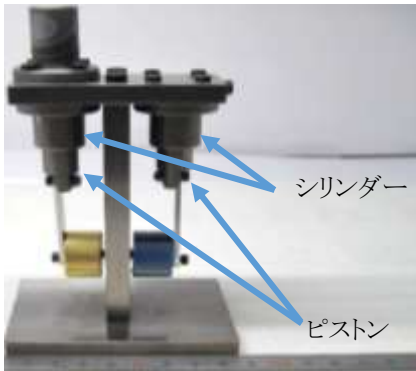


図1 スターリングエンジンの外観



図2 加工されたシリンダー

2.実験方法

スクロールチャックでコレットを介して、シリンダーを把持して加工を行う。チャックの締め付けトルクを変化させる実験1、送り速度を変化させて実験2を行った。(表1に実験条件を示す)加工後に3点マイクロを用いて内径の測定(円筒内面の上・下部の2点測定)を行った。

表1 実験条件

	実験 1	実験 2
被削材	FC250	
使用工具	φ13 ハイスエンドミル	
回転数(rpm)	300	
締め付けトルク(N・m)	5,10,15,25,50	10
送り速度(mm/min)	30	10,20,30,50,80

3.結果・考察

締め付けトルク値は 10N・m で製作することが望ましいということがわかった。トルク値が低いほど、シリンダー内径の上部と下部の寸法差が少ないことが明らかになった。これは、締め付けトルクによる工作物の変形量が少ないためだと推測される。実習では手動送りで行うため、作業によって送り速度が異なるので、内径にバラつきが生じていると予測し実験を行ったが、各送り速度においてシリンダー内径の上下寸法差に変化は見られなかった。しかしながら、送り速度の違いにより内径仕上がり寸法が異なっていることから、手動送りによる途中の送り速度の変化の影響が上下寸法差に影響を与えている可能性が考えられる。

学生による実験関連の事故・ヒヤリハットに関する傾向分析の試み

日名田 良一

京都大学大学院工学研究科技術部

1.はじめに

京都大学工学部及び大学院工学研究科では、構成員が事故やヒヤリハットに遭遇した際、工学研究科附属環境安全衛生センター(以下、環境安全衛生センター)へ報告することになっている。報告に対し、環境安全衛生センターでは、必要に応じて、原因調査、対策の検討、構成員への周知と注意喚起等を行っている。工学部・工学研究科における教育研究は、実験・実習を伴う場合が多く、事故やヒヤリハットが発生する可能性は大きいと思われる。

そこで、環境安全衛生センターに報告された学生による実験関連の事故・ヒヤリハットについて、傾向分析を試みたので報告する。

2.方法

2009 年度から 2018 年度に提出された事故・ヒヤリハット報告書を基礎資料とし、学生(学部生・大学院生)による事例を抽出し分析に用いた。まず、全体像を把握するために、全報告に対する実験関連報告の割合を算出した。また、報告数を発生月別に分類し、時期による傾向を確認した。そして、当事者数を学年別に集計するとともに、発生頻度を比較した。発生頻度の比較には、学部と大学院で学生数¹⁾が異なることを考慮し、労働災害の発生状況評価に用いられる指標の一つである年千人率を用いた²⁾。さらに、事故・ヒヤリハットの種類による分類を行い、要因も含めて分析した。

3.結果と考察

学生による実験関連の事故・ヒヤリハット報告数は 139 件であり、学生による報告総数の約 56%であった。発生月別では、5～6 月、10 月の報告が多かった。学年別当事数は、修士課程 2 年生が最も多く、次いで、学部 4 年生、修士課程 1 年生であった。年千人率は、学年が上がるとともに高くなり、修士課程 2 年生が最も高かった。学年が上がるにつれて実験・実習に携わる機会が増え、難度も高くなるためと考えられる。博士課程では、年千人率にばらつきが見られるが、概ね低い傾向であった。博士課程の多くの学生は、実験の経験が豊富で操作等の習熟度が高いと思われる。

事故・ヒヤリハットの種類では、「切れ・こすれ」、「有害物との接触」、「火災・発火・発煙」が全体の約 72%を占めた。薬品、ガラス器具、カッターナイフ、ヒーター・オイルバスの使用時における事例が多かった。

4.まとめ

京都大学工学部及び大学院工学研究科における学生による実験関連の事故・ヒヤリハットについて、学年や種類等に関する傾向の概略を知ることができた。今後、より詳細な分析を進め、安全教育等の安全管理活動に活用できるよう取り組んでいきたいと考えている。

参考文献

- 1) 国立大学法人 京都大学 工学部・工学研究科：概要(2009-2018)，学生数，<https://www.t.kyoto-u.ac.jp/ja/about/publications/outline>，最終閲覧 2019 年 11 月 21 日
- 2) 錦見 端，富田賢吾，林 瑠美子，村田静昭：名古屋大学における実験関連事故リスクの統計的解析，環境と安全 10(1)，1-7，2019。

※本稿は「実験・実習技術研究会2020鹿児島大学 プログラム・報告集」に掲載されたものです。

大学オープンキャンパス模擬実験を指向した「ルミノール反応」の実験方法の改良

○中池 由美, 丸岡 恵理
京都大学大学院工学研究科技術部

1. 緒言

我々が担当する京都大学工学部工業化学科では、毎年8月に開催されるオープンキャンパスの機会に模擬講義と併せて模擬実験を行っている。参加人数は計240名であり、模擬実験の時間は約40分である。本年度は実験テーマとして「化学発光と蛍光を見てみよう」を選定し、ルミノール反応を行った。ルミノール反応は、ルミノール **1** に、鉄イオンなどの触媒共存下、塩基性条件で過酸化水素水を作用させると、フタル酸ジアニオン **2** の電子励起状態が生成し、基底状態へ失活する際に青白い発光を示す (図1)。¹ 本発表では、簡便かつ安全に実験を体験してもらうことを目的に実験条件や実験手順を検討した内容について報告する。

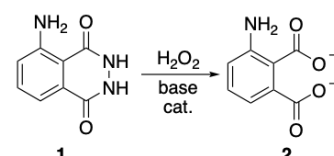


図1 ルミノール反応

2. 実験条件の選定

実験条件は、それぞれ2種類の蛍光添加剤 (フルオレセインとローダミン B) と触媒 (ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムと大根) を組み合わせた計4つを選定した (表1)。ペルオキシターゼを含む大根は、ルミノール反応の触媒として作用する。240名の参加者を午前の部と午後の部に分け、4名1組とした。これにより、参加者全員が1つのテーマを担当でき、グループ内で触媒の種類や発光色のバリエーションを楽しむことができると考えた。

表1 実験条件

	蛍光添加剤	触媒
1	—	K ₃ [Fe(CN) ₆]
2	—	大根
3	フルオレセイン	K ₃ [Fe(CN) ₆]
4	ローダミンB	K ₃ [Fe(CN) ₆]

3. 実験手順と試薬量の検討

従来の実験手順では、予め調製した2液を混ぜ合わせて発光を観察する簡素な方法がよく知られている。本実験では、試薬を順次加えて発光を観察するワンポット反応を考案した (図2)。すなわち、ピペットやメスシリンダー、薬さじではかりとった試薬をマイヤーフラスコに順次加えて溶解させる方法である。試薬の加える手順を検討したところ、図2に示す順序が最適であることがわかった。また、ルミノール反応は、加える試薬の量によって発光の度合いが変化する特徴がある。そこで、粉末試薬を電子天秤で秤量することなく適量加えられるように、それぞれの試薬の添加量を写真で示すことにした (図3)。

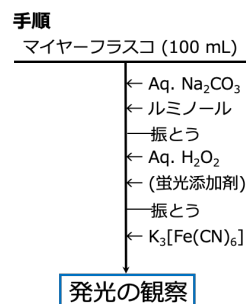
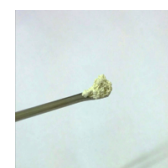
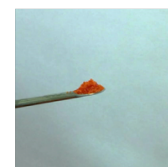


図2 ワンポット反応



ルミノール



K₃[Fe(CN)₆]

図3 添加する試薬量

4. 安全性に関する対策

多くのルミノール反応のプロトコルでは、塩基として1-5%の水酸化ナトリウムが用いている。本実験では、安全性の観点から炭酸水素ナトリウムおよび炭酸ナトリウムの代用を試みた。5%炭酸水素ナトリウム水溶液を用いたところ、環境を真っ暗にしないと確認できないほどの、ごく弱い光が観察されたのみであった。一方、炭酸ナトリウムを用いた場合には、水酸化ナトリウムよりも発光する時間は短いものの、ほぼ同程度の輝度の発光が確認できた。さらに炭酸ナトリウム水溶液の濃度を検討したところ、2%まで下げることが可能であった。詳細は発表にて述べる。

5. 結言

オープンキャンパスで企画する模擬実験として、ルミノール反応の実験条件の最適化を行った。参加者のアンケートでは、93%の参加者から実験内容に「興味をもてた」と回答があった。「もっと時間をかけて実験したかった」という意見も多く見られた。限られた時間の中で、安全に、より実験を楽しんでもらえるよう工夫できたと思われる。

6. 参考文献 1) Bastos, E. L. et al. *Luminescence* 2007, 22, 113–125.

平成 29 年度 第 1 専門技術群(工作・運転系)技術職員研修 (京都における「ものづくり」に関わる工場見学研修)の実施報告

○西崎 修司, 多田 康平
京都大学大学院工学研究科技術部

1. はじめに

「ものづくり」とは、単純作業での製造ではなく、特に職人などの手による高度な製造を意味する。京都は、業歴100年以上の「老舗企業」の出現率が全国トップクラスであり、京都における「ものづくり」には、伝統文化を守り、新技術を導入し、それらを融合する土壌がある。京都における「ものづくり」の知識、および関連技術を習得する為に、平成 29 年 11 月 24 日(金)に、京都機械工具株式会社(KTC)、三菱自動車工業株式会社 京都製作所 京都工場、最上インクス株式会社の工場見学研修を実施し、12 名の技術職員が参加した。この研修について報告する。

2. 京都における「ものづくり」に関わる工場見学

京都機械工具株式会社(KTC)は、生産される工具の品質の高さに定評がある。事業場内の至る所で整理整頓が徹底されており、安全に対する意識が隅々まで行き届いていたのは象徴的だった。最新技術の導入により故障や事故を未然に防止できるよう進化した工具の開発など、予防保全・安全作業を目指した「ものづくり」に感銘を受けた。

三菱自動車工業株式会社 京都製作所 京都工場は、自動車用エンジンを生産している工場である。環境負荷の低減に関する教育やその意識の高さは、市街地の広大な土地に建設された工場において、とても優れていると感じた。ロボットによりエンジンをほぼ無人で製造する光景は、未来の「ものづくり」が想像出来て非常に興味深かった。

最上インクス株式会社は、製品試作や薄板金属加工技術などの「ものづくり」に優れた企業である。独自の「簡易金型システム」により、試作部品を短納期・低コストで製造し、様々なニーズに対応出来る技術力は、目を見張るものがあった。また、金属加工により精密に作製された極小の蟻や昆虫の形を模した作品は素晴らしかった。

3. 結果と考察

事前に質問事項を見学先に送付しておいたことは、質疑応答の時間が有効に活用できたので、とても有益だった。研修の感想として、「見学先の業務改善や安全教育などを参考にして、今後の業務に活用出来る。」などがあり、概ね好評であった。一方で、スケジュールにあまり余裕が無かった為、全体的にあわただしい研修となってしまった。

日本における技術者の立場についての質問に対しては、関連する文献 [1] を紹介して頂いた。この文献は、我々技術職員の立場を省みる資料としてもとても役立つものである。企業が求める人材についての質問に対して、「コミュニケーション力の高い人」や「自分の判断で行動できる人」などを挙げられた。大学の技術職員にとっては、これらの能力をもち「ものづくり」に貢献できる人材を育成すること、いわば「ひとづくり」が重要な課題となることを再認識した。

4. まとめ

研修では、京都における「ものづくり」の現場を見学できて、とても興味深かった。「ものづくり」とは、新しい価値の創造であり、他の追随を許さない唯一無二の技術力である。日本には、環境破壊を引き起こす断絶社会ではなく、自然の恵みに感謝し、共存共栄を目指す継続可能な伝統技術がある。我々技術職員も守破離の精神に則った「ひとづくり」に勤しむことで、日本にしかできない「ものづくり」技術を活用した持続可能な伝統技術に貢献できると考えられる。

研修に対応して頂いた京都機械工具株式会社(KTC)、および三菱自動車工業株式会社 京都製作所 京都工場、最上インクス株式会社の皆様には、大変お世話になりました。厚く御礼を申しあげます。ありがとうございました。

参考文献 [1] 松久寛,「技術者の地位向上」,日本機械学会誌, 120 (1186), 46 (2017).

※本稿は「実験・実習技術研究会2020鹿児島大学 プログラム・報告集」に掲載されたものです。

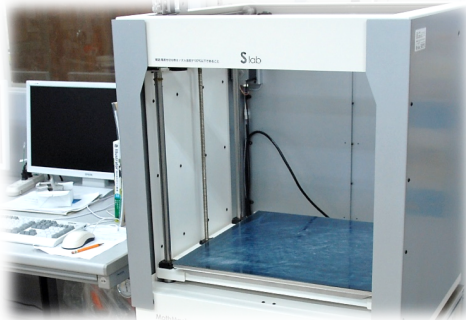
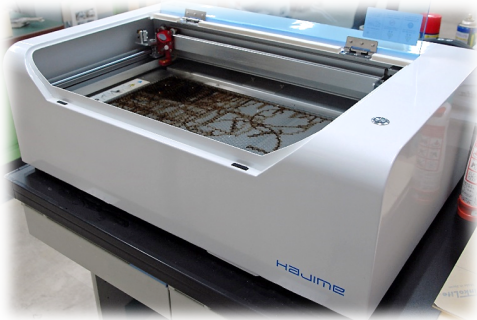
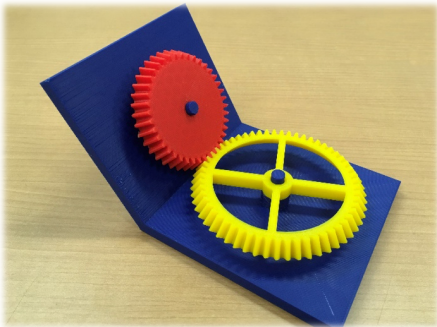
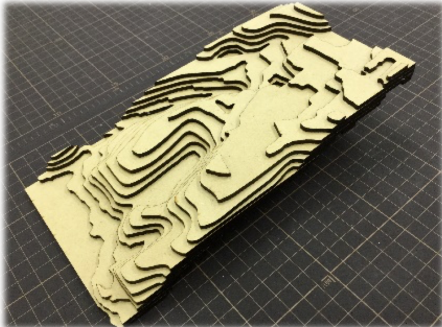
4

桂ものづくり工房

4.1 技術部提供サービス宣伝物

技術部提供サービス

工学研究科技術部では教育・研究支援として、「桂ものづくり工房」での金属・木材・樹脂等の加工、工具類の貸出、「大判プリンター」の利用、「技術相談」等のサービスを提供しています。

「桂ものづくり工房」新規導入機械 (2018年10月より運用開始*)	
エスラボ社製 3D プリンター S3DP555	オーレーザー社製 レーザー加工機 HAJIME CL1
	
最大造形サイズ：W500×D500×H500 mm** 熱溶解積層方式 (FDM) 材料：PLA (全6色) 製作例	加工サイズ：W500×D300 mm** 樹脂/木材/ゴム等の切断、ガラス/金属等への彫刻 加工例
	

*利用には機械運転技術講習の受講が必須です。詳しくは技術部ウェブサイトをご覧ください。 **カタログ値参照。

■ サービスの利用方法

工学研究科技術部ウェブサイト『提供サービス』よりお申し込みください！

<https://www.tech.t.kyoto-u.ac.jp/ja/services>



○桂ものづくり工房

☆ 金属・木材・樹脂等の加工



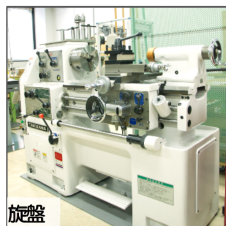
簡単な加工をしたいと思ったことはありませんか？

金属・木材・樹脂等の切削・穴あけ・切断等、用途に応じた加工ができます！

(工作機械の利用には機械運転技術講習の受講が必要です。また学生の方は傷害保険加入者に限ります。)

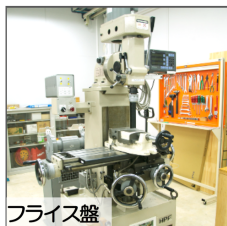
工作機械一例

※工作機械は他にもあります。詳しくは技術部ウェブサイトをご覧ください。



旋盤

棒形状物の加工



フライス盤

平面・溝等の加工



ボール盤

穴あけ



両頭グラインダー

研磨



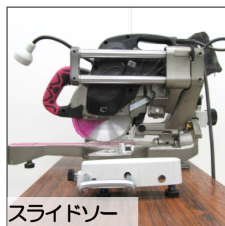
精密コンターマシン

板金の切断



ロータリーハンドソー

棒形状物の切断



スライドソー

木材の切断



ファインカット

脆性材料の切断

☆ 工具類の貸出

工具が無く、工作や修理ができなかったことはありませんか？

工具類の貸し出しをしています！

(学生の場合は、担当教員の上で貸し出します。)



工具類一例

※貸出工具の一覧は技術部ウェブサイトをご覧ください。



丸鋸



ジグソー



金鋸



やすり類



グラインダー



デジタル傾斜計



マイクロメーター



ノギス



デジタルトルクレンチ



ベルトレンチ



彫刻刀



レーザー距離計

○大判プリンター

桂キャンパスで大判ポスター作れます！

(利用枚数・用紙の種類により課金されます。印刷はセルフサービスとなります。)



用紙

- ・上質普通紙、コート紙、フォト光沢紙、防炎クロスの4種
- ・AO サイズの出力可能

○技術相談

多様な専門分野に従事している職員に相談できます！



相談対応例

- ・板に穴をあけたいが、あける方法を相談したい。
 - ・金属を切り抜いて実験の模型に使用したい。
 - ・実験装置を使用させてもらえる施設を教えてください。
 - ・木材でフィールド模型を作製したい。
 - ・実験室を新設するにあたり安全対策について相談させてほしい。
 - ・Web カメラやサーバーを設置したいがどのようにすればいいか相談したい。
 - ・組成分析をしたいが、使用する装置や方法を相談したい。
 - ・実験装置の購入に際し、目的と予算に適合したものを選定するため相談にのってほしい。
 - ・機械加工を依頼できる業者を紹介してほしい。
 - ・寒剤の取り扱いについて相談したい。
- …等々いろいろな問題に対応いたします。

■ 技術や方法など、わからないことがあればなんでもご相談ください。

メール：q-a@tech.t.kyoto-u.ac.jp



技術部へのお問い合わせ

電話 : 075-383-2882 (桂 15-2882)

メール : q-a@tech.t.kyoto-u.ac.jp

2019 年 10 月発行 京都大学大学院工学研究科技術部

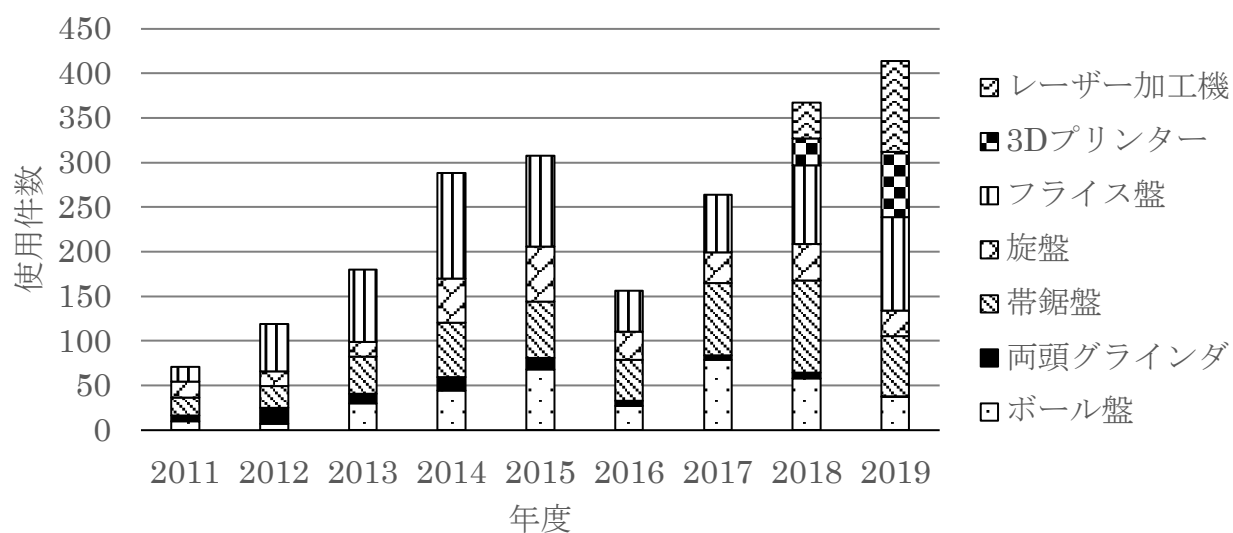
4.2 桂ものづくり工房使用実績

2019 年度 桂ものづくり工房使用実績

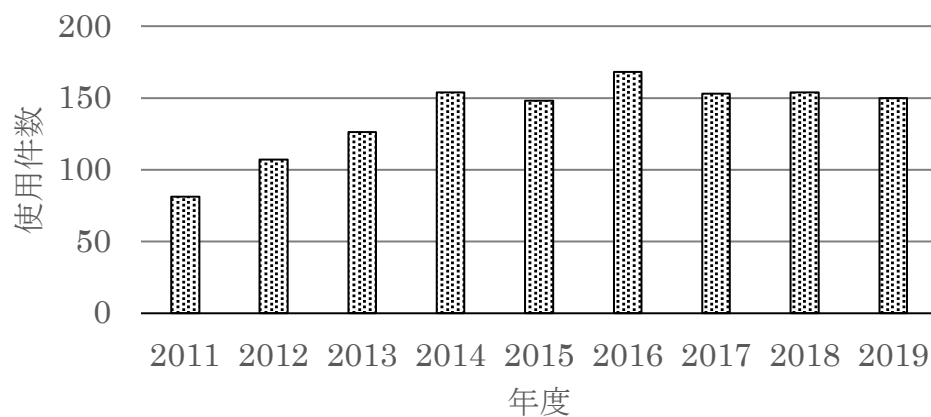
(単位：件)

ボール盤	37	ベルトグラインダー	1
旋盤 1	29	糸鋸盤	7
旋盤 2	0	スライド丸鋸	6
帯鋸盤(コンターマシン)1	52	ロータリーバンドソー	0
帯鋸盤(コンターマシン)2	15	タップ / ダイス	14
両頭グラインダー	1	工具	16
フライス盤	105	3D プリンター	73
折曲機(シャーリング)	6	レーザー加工機	102
ファインカット	13	大判プリンター	150

工作機械使用実績推移



大判プリンター使用実績推移



4.3 機械運転技術講習

桂ものづくり工房の工作機械およびデジタル加工機（3D プリンター・レーザー加工機）を使用するには、技術部が主催する機械運転技術講習を受講修了する必要がある。

講習日	受講人数
2019/4/25	2
2019/5/23	4
2019/6/7	4
2019/6/25	4
2019/7/10	4
2019/7/23	2
2019/7/25	3
2019/8/8	1
2019/9/10	4
2019/9/27	2
2019/10/10	4
2019/11/11	3
2019/11/26	3
2019/12/10	3
2020/2/12	2
2020/3/9	1

5

会議記録

5.1 会議記録

2019 年 4 月

- 10 日(水) 【研修委員会】平成 31 年度 第 1 回会議
- 15 日(月) 【技術室会議】平成 31 年度 第 1 回会議
- 16 日(火) 【広報・編集委員会】平成 31 年度 第 1 回会議

2019 年 5 月

- 9 日(木) 【桂ものづくり工房委員会】平成 31 年度 第 1 回会議
- 20 日(月) 【技術室会議】2019 年度 第 2 回会議
- 21 日(火) 【工学研究科技術部運営委員会】令和元年度 第 1 回
- 29 日(水) 【研修委員会】2019 年度 第 2 回会議

2019 年 6 月

- 24 日(月) 【技術室会議】2019 年度 第 3 回会議

2019 年 7 月

- 3 日(水) 【研修委員会】2019 年度 第 3 回会議
- 22 日(月) 【技術室会議】2019 年度 第 4 回会議
- 23 日(火) 【桂ものづくり工房委員会】2019 年度 第 2 回会議

2019 年 9 月

- 9 日(月) 【技術室会議】2019 年度 第 5 回会議

2019 年 10 月

- 16 日(水) 【桂ものづくり工房委員会】2019 年度 第 3 回会議
- 28 日(月) 【技術室会議】2019 年度 第 6 回会議

2019 年 11 月

7 日(木) 【広報・編集委員会】2019 年度 第 2 回会議

18 日(月) 【技術室会議】2019 年度 第 7 回会議

2019 年 12 月

16 日(月) 【技術室会議】2019 年度 第 8 回会議

2020 年 1 月

20 日(月) 【技術室会議】2019 年度 第 9 回会議

2020 年 2 月

7 日(金) 【桂ものづくり工房委員会】2019 年度 第 4 回会議

18 日(火) 【技術室会議】2019 年度 第 10 回会議

2020 年 3 月

18 日(水) 【技術室会議】2019 年度 第 11 回会議

編集後記

平成 27 年 10 月の技術部組織改編から 5 年が経とうとしています。技術部の主要サービスである桂ものづくり工房では、平成 30 年度に導入した 3D プリンターとレーザー加工機の本格稼働もあり、使用件数は順調に増加してきました。また、室会議やグループ単位、小委員会単位での組織運営についても、技術部内で定着してきたように思われます。

令和元年度は新型コロナウイルスの影響により、技術部の活動も中止や延期を余儀なくされました。日々情勢が変化し、今後の見通しが立たない中で、以前と同じ活動ができない状況であります。各技術職員の技術力はもちろんですが、こうした困難な状況を乗り越えるための知恵や柔軟性を併せ持つことも求められるでしょう。

京都大学大学院工学研究科「技術部報告集（第 17 集）」を発刊するに当たり、技術部運営にご指導いただいております技術部長をはじめ、教員、事務職員、技術職員の皆様にご協力いただきましたこと、ここに広報・編集委員一同、厚く御礼申し上げます。

この報告集をご高覧いただき、技術部へのご助言や一層のご支援を賜ることができれば幸いです。

令和 2 年 6 月

令和元年度 工学研究科技術部 広報・編集委員会

委員長 山岡 荘

副委員長 奥中 敬浩

委員 平野 裕一 玉木 良尚 佐々木 善孝 西村 果倫

令和2年度 工学研究科技術部 広報・編集委員会

委員長 山岡 荘

副委員長 奥中 敬浩

委員 平野 裕一 石川 航佑 鹿住 健司 日下 絵里子

技術部報告集発行履歴

- 第1集 (1994年3月発行) 1988(S63)年度～1993(H05)年度分活動報告
- 第2集 (1998年3月発行) 1994(H06)年度～1997(H09)年度分活動報告
- 第3集 (2002年8月発行) 1998(H10)年度～2002(H14)年度分活動報告
- 第4集 (2007年3月発行) 2003(H15)年度～2006(H18)年度分活動報告
- 第5集 (2008年3月発行) 2007(H19)年度分活動報告
- 第6集 (2009年3月発行) 2008(H20)年度分活動報告
- 第7集 (2010年3月発行) 2009(H21)年度分活動報告
- 第8集 (2011年3月発行) 2010(H22)年度分活動報告
- 第9集 (2012年5月発行) 2011(H23)年度分活動報告
- 第10集 (2013年10月発行) 2012(H24)年度分活動報告
- 第11集 (2014年10月発行) 2013(H25)年度分活動報告
- 第12集 (2015年5月発行) 2014(H26)年度分活動報告
- 第13集 (2016年6月発行) 2015(H27)年度分活動報告
- 第14集 (2017年6月発行) 2016(H28)年度分活動報告
- 第15集 (2018年6月発行) 2017(H29)年度分活動報告
- 第16集 (2019年6月発行) 2018(H30)年度分活動報告
- 第17集 (2020年6月発行) 2019(R1)年度分活動報告

京都大学大学院工学研究技術部報告集（第 17 集）

令和 2 年 6 月

発行：工学研究技術部 広報・編集委員会

編集：工学研究技術部 広報・編集委員会

<https://www.tech.t.kyoto-u.ac.jp/ja>

本報告集の無断転載を禁じます。